高效率自适应电荷泵、超大音量、超低 EMI、K3 音响功率放大器

特性

- 第三代 K 类功放 K3：**AW8733**
- 集成超高效率的自适应电荷泵
- 具有消噪功能，能有效抑制 **TDD noise** 和射频干扰。
- **217Hz** 的 **PSRR** 低至**-75dB**，**1kHz** 的 **PSRR** 低至**-70dB**
- 采用高压 **dual-gate CMOS** 工艺
- 静态电流 **3.0mA**
- 当 **VDD=4.2V** 时，输出功率 **2.3W**
- 一线脉冲方式控制
- 优异的"噼噗-咔嗒"（**Pop-Click**）杂音抑制
- ±**8KV HBM ESD**
- ±**450mA Latch-up**
- 3mm×3mm 20-Pin TQFN 封装

应用

- 手机
- MP3/PMP
- GPS
- 数码相框

概要

AW8733 是内部集成自适应电荷泵电路的新一代的 K 类音响功率放大器。输入信号幅度较低时，AW8733 工作在 D 类模式，效率最高可达 90%。在输入幅度较高时，主动升压到 6.3V，音效更加震撼。AW8733 还集成了消噪功能，能降低功放的底噪，更能够降低射频灵敏度。超低的 PSRR 能够有效抑制电源波动带来的传导所致 TDD 噪声。在锂电池供电时，即使电池电压不断下降也能持续提供 2.3W 的输出功率。

AW8733 采用一线脉冲方式控制四个状态，实现不同增益和 NCN 模式的选择。完善的保护功能有效防止芯片在异常工作状况下损坏；只需极少量的外围应用元件，适合便携产品应用。

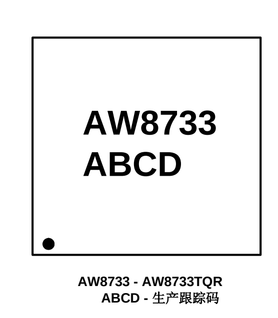
AW8733 提供 3mm×3mm 20-Pin TQFN 封装，额定的工作温度范围为-40℃至 85℃。

引脚分布及标识图

AW8733 俯视图
(TOP VIEW)

GND 20, CN 19, PVDD 18, PVDD 17, NC 16
SHDN 1, NC 2, CP 3, VDD 4, NC 5
INN 6, INP 7, VDD 8, FS 9, NC 10
NC 11, PVDD 12, VON 13, GND 14, VOP 15

AW8733 器件标识
(TOPSIDE MARK)



AW8733 - AW8733TQR
ABCD - 生产跟踪码

图 1 **AW8733** 引脚分布及标识图

典型应用图

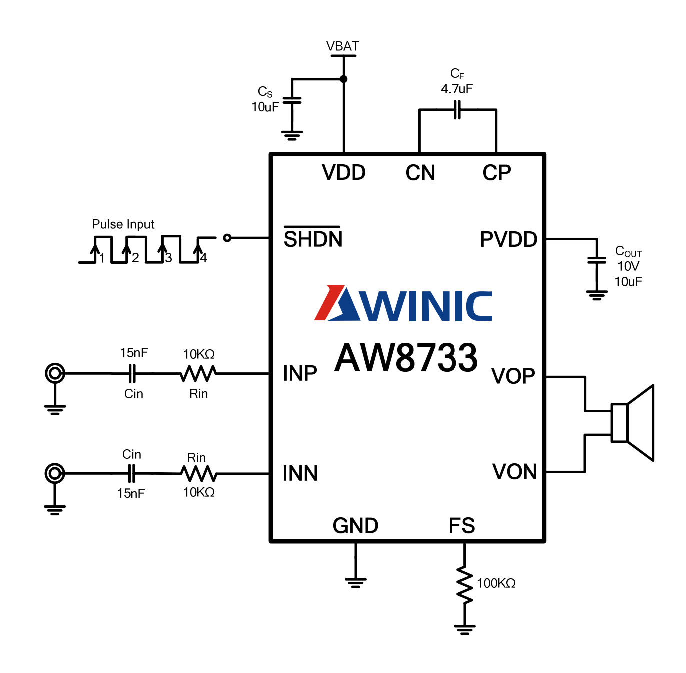


图 2 **AW8733 差分输入方式应用图**

订购信息

产品型号	工作温度范围	封装形式	器件标记	发货形式
AW8733TQR	-40℃～85℃	3mmX3mm 20-Pin TQFN	AW8733	卷带包装 3000 片/盘

引脚定义及功能

序号	符号	描述
1	$\overline{\text{SHDN}}$	关断引脚，低有效；支持一线脉冲方式控制。
2	NC	NC
3	CP	Flying 电容的正端。
4	VDD	电源
5	NC	NC
6	INN	差分输入的负端
7	INP	差分输入的正端
8	VDD	电源
9	FS	备用引脚
10,11	NC	NC
12	PVDD	功放的电源引脚
13	VON	功放的负输出端
14	GND	地
15	VOP	功放的正输出端
16	NC	NC
17	PVDD	功放的电源引脚
18	PVDD	电荷泵的输出引脚。
19	CN	Flying 电容的负端。
20	GND	地

绝对最大额定值(注 1)

参数	范围
电源电压V_{DD}	-0.3V to 7V
INP，INN，$\overline{SHDN}$引脚电压	-0.3V to V_{DD}+0.3V
封装热阻θ_{JA}	48℃/W
环境温度	-40℃ to 85℃
最大结温T_{JMAX}	125℃
存储温度T_{STG}	-65℃ to 150℃
引脚温度（焊接 10 秒）	260℃
ESD 范围（注 2）	
HBM（人体静电模式）	±8KV
Latch-up	
测试标准：JEDEC STANDARD NO.78B DECEMBER 2008	+IT：450mA -IT：-450mA

注1: 如果器件工作条件超过上述各项极限值，可能对器件造成永久性损坏。上述参数仅仅是工作条件的极限值，不建议器件工作在推荐条件以外的情况。器件长时间工作在极限工作条件下，其可靠性及寿命可能受到影响。

注2: HBM 测试方法是存储在一个 100pF 电容上的电荷通过 1.5 KΩ 电阻对引脚放电。测试标准：MIL-STD-883G Method 3015.7

电气特性

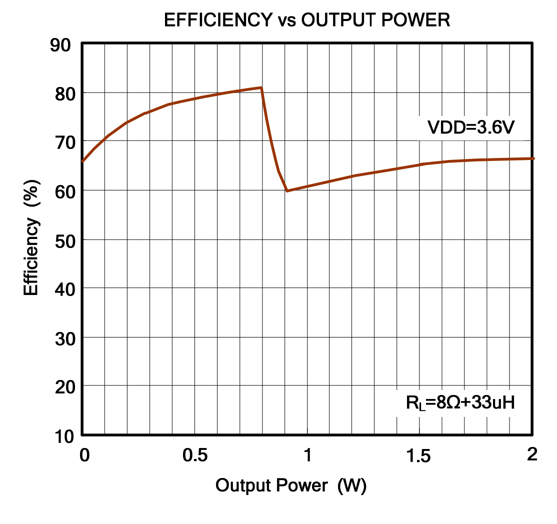
测试条件：TA=25℃，R_L=8Ω+33uH，（除非特别说明）

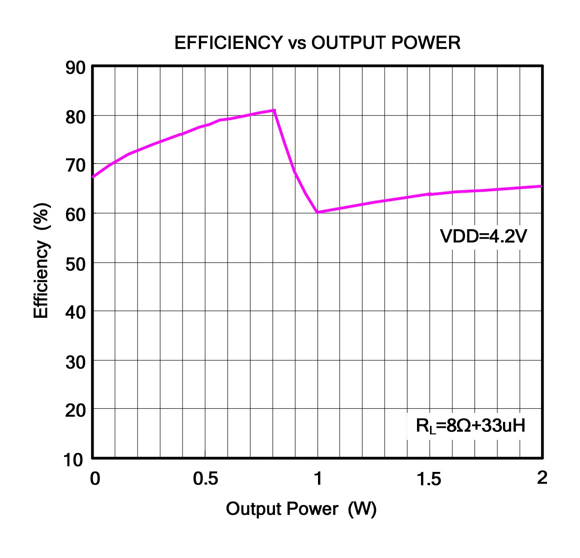
参数		条件	最小	典型	最大	单位
V_{DD}	电源电压		2.8		5.5	V
I_Q	静态电流	V_{DD}=3.6V，RL=8Ω+33μH，无输入		3.5	5	mA
I_{SD}	关断电流	V_{DD}=3.6V，$\overline{SHDN}$=0V		0.1	1u	μA
V_{IH}	高电平输入电压	$\overline{SHDN}$	1.2		V_{DD}	V
V_{IL}	低电平输入电压	$\overline{SHDN}$	0		0.35	V
I_{IH}	高电平输入电流	$\overline{SHDN}$，V_{DD}=5.5V，V_I=5.8V			100	μA
V_{IL}	低电平输入电流	$\overline{SHDN}$，V_{DD}=5.5V，V_I=-0.3V			5	μA
Vn	噪声输出电压	A weighting，gain=4V/V		25		uVrms
		No weighting, gain=24V/V		40		
保护温度				150		℃
迟滞温度				20		℃
电荷泵						
PV_{DD}	输出电压	V_{DD}=3V to 5.5V		6.3		V
I_{OUT}	最大输出电流				1	A
F_1	工作频率	V_{DD}=2.8V to 5.5V	480	600	720	KHz
t_{START}	软启动时间	C_{OUT}=10μF		0.5		ms
K 类功放						
VOS	失调电压	空载		5	20	mV
R_{IN}	输入电阻	状态 1 和状态 2		30		KΩ
		状态 3 和状态 4		5		KΩ
F_2	调制频率	V_{DD}=2.8V to 5.5V	240	300	360	KHz
PSRR	电源抑制比	V_{DD}=3.6V，V_{pp_sin}=200mV，f=217Hz		-75		dB
		V_{DD}=3.6V，V_{pp_sin}=200mV，f=1KHz		-70		
T_{ON}	启动时间	V_{DD}=2.8V to 5.5V		35	50	ms
THD+N	总谐波失真+噪声	V_{DD}=3.6V，Po=0.3W，RL=8Ω+33μH，f=1kHz		0.25		%
		V_{DD}=3.6V，Po=1W，RL=8Ω+33μH，f=1kHz		0.2		
P_O	输出功率(普通模式)	THD+N=1%，f=1kHz，RL=8Ω+33μH，V_{DD}=4V		1.7		W
		THD+N=10%，f=1kHz，RL=8Ω+33μH，V_{DD}=4V		2.3		

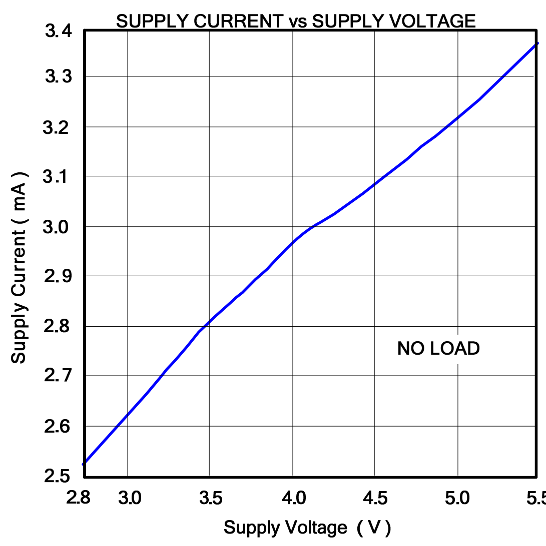
测试条件：TA=25℃（除非特别说明）

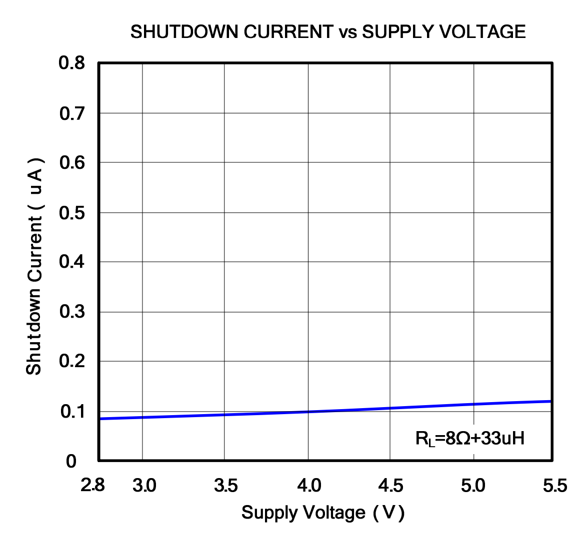
参数		条件	最小	典型	最大	单位
NCN						
T_{AT}	Attack time	V_{DD}=3.6V		20		ms
T_{RL}	Release time	V_{DD}=3.6V		1.8		s
A_{MAX}	最大衰减增益			-6		dB
一线模式控制						
T_{HI}	SHDN 高电平持续时间		0.75		10	us
T_{LO}	SHDN 低电平持续时间		0.75		10	us
T_{OFF}	SHDN 关断延迟时间				500	us

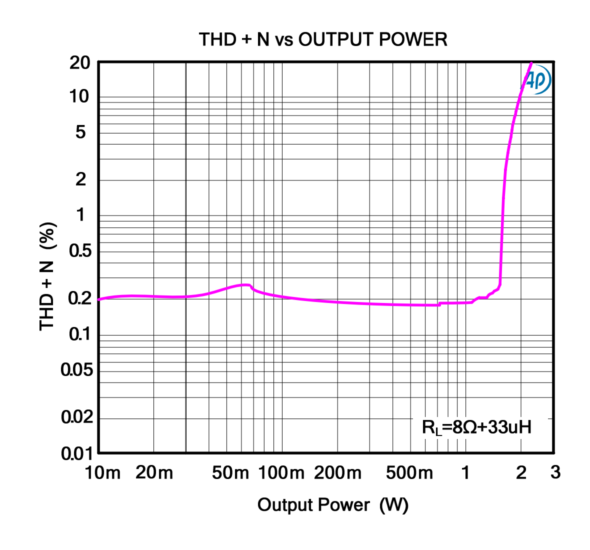
典型特性曲线

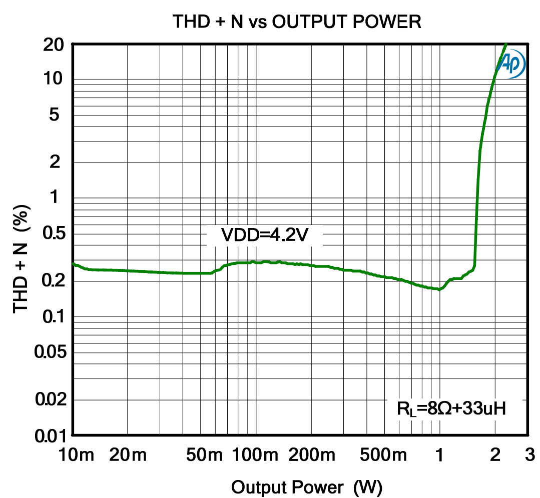

EFFICIENCY vs OUTPUT POWER
Efficiency (%)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
VDD=3.6V
R_L=8Ω+33uH
0
0.5
1
1.5
2
Output Power (W)


EFFICIENCY vs OUTPUT POWER
Efficiency (%)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
VDD=4.2V
R_L=8Ω+33uH
0
0.5
1
1.5
2
Output Power (W)


SUPPLY CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE
Supply Current (mA)
3.4
3.3
3.2
3.1
3.0
2.9
2.8
2.7
2.6
2.5
NO LOAD
2.8
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
Supply Voltage (V)

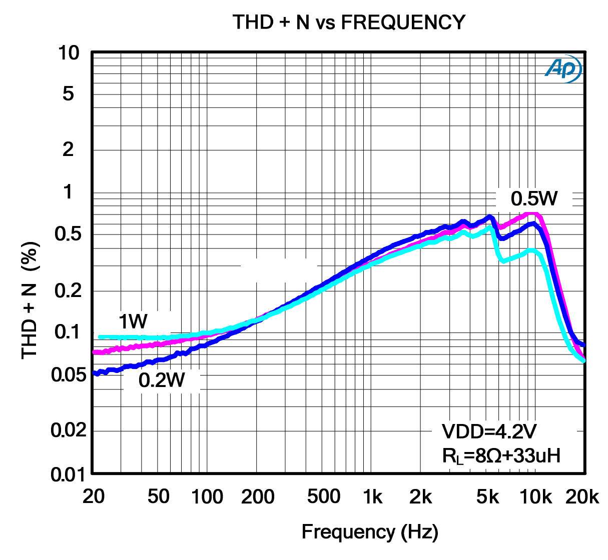

SHUTDOWN CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE
Shutdown Current (uA)
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
R_L=8Ω+33uH
2.8
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
Supply Voltage (V)

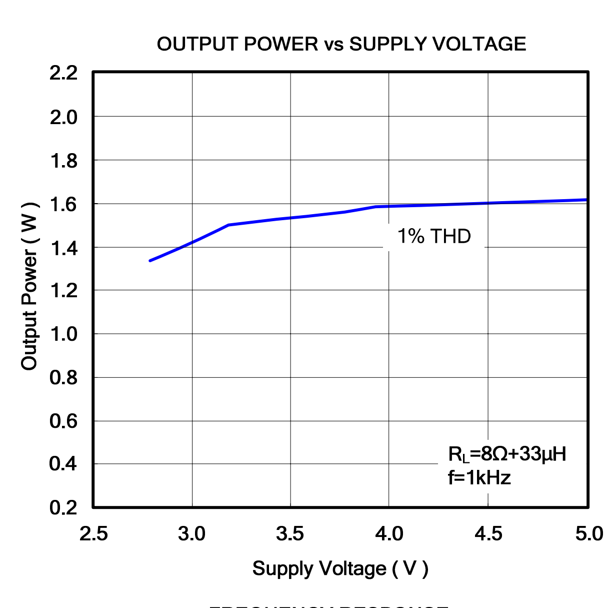

THD + N vs OUTPUT POWER
THD + N (%)
20
10
5
2
1
0.5
0.2
0.1
0.05
0.02
0.01
R_L=8Ω+33uH
10m
20m
50m
100m
200m
500m
1
2
3
Output Power (W)

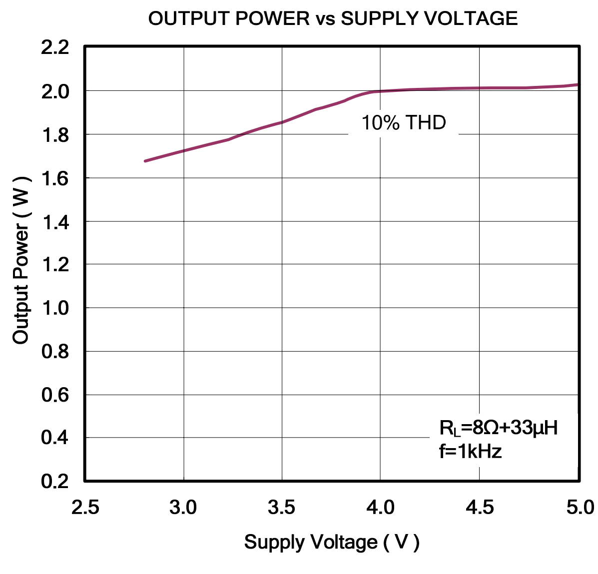

THD + N vs OUTPUT POWER
THD + N (%)
20
10
5
2
1
0.5
0.2
0.1
0.05
0.02
0.01
VDD=4.2V
R_L=8Ω+33uH
10m
20m
50m
100m
200m
500m
1
2
3
Output Power (W)

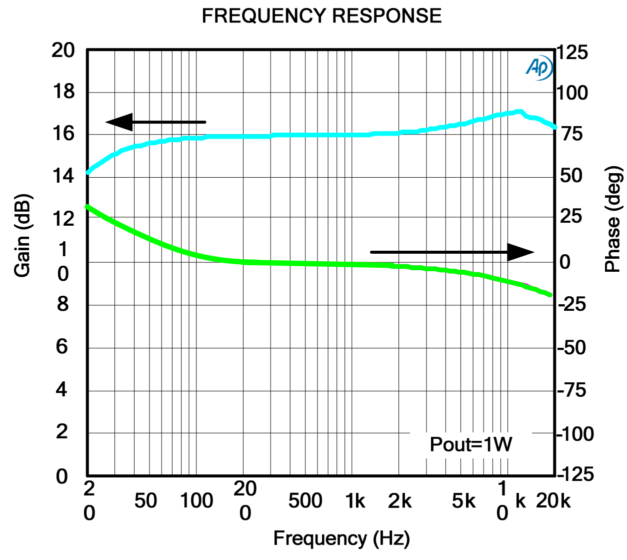
THD + N vs FREQUENCY

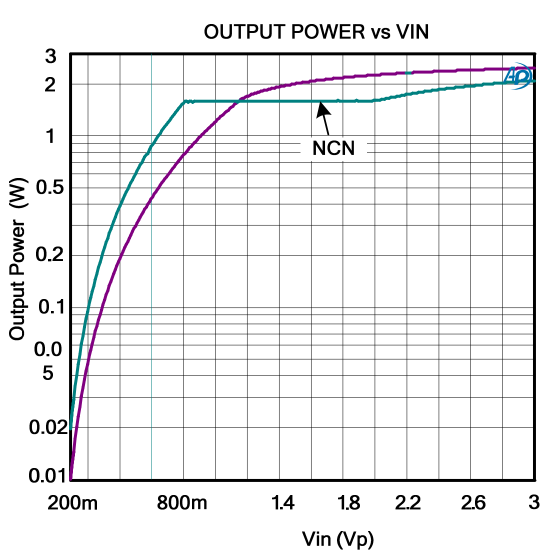
10
5
2
1
0.5
0.2
0.1
0.05
0.02
0.01
THD + N (%)
1W
0.5W
0.2W
VDD=3.6V
R_L=8Ω+33uH
20 50 100 200 500 1k 2k 5k 10k 20k
Frequency (Hz)

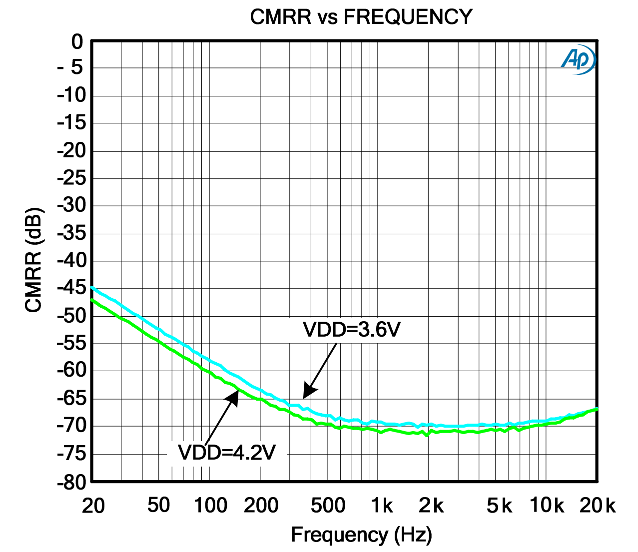


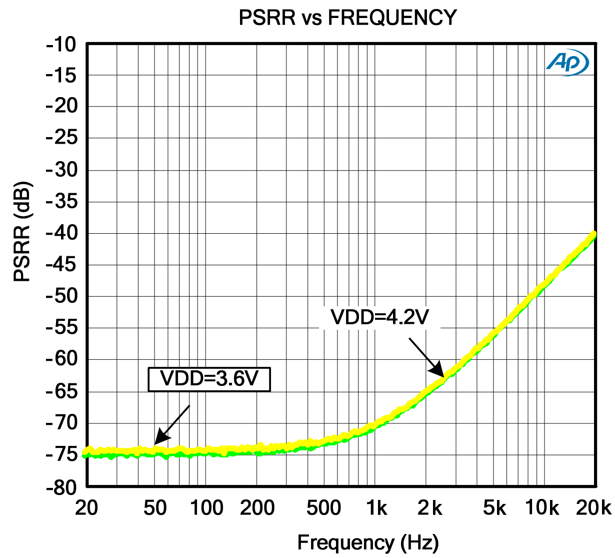









CMRR vs FREQUENCY
CMRR (dB)
0
- 5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
-50
-55
-60
-65
-70
-75
-80
VDD=3.6V
VDD=4.2V
20
50
100
200
500
1k
2k
5k
10k
20k
Frequency (Hz)


PSRR vs FREQUENCY
PSRR (dB)
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
-50
-55
-60
-65
-70
-75
-80
VDD=4.2V
VDD=3.6V
20
50
100
200
500
1k
2k
5k
10k
20k
Frequency (Hz)

功能框图

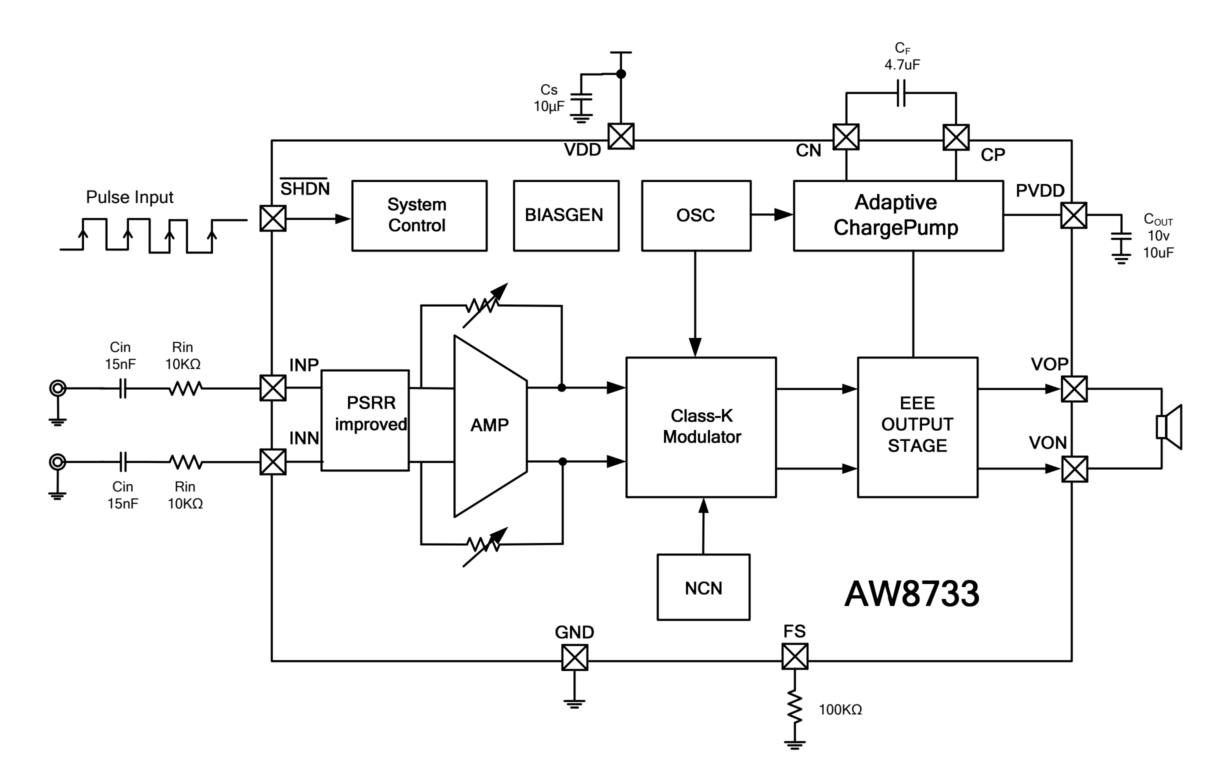


图 3 **AW8733** 功能框图

工作原理

第一代的 K 类音响功率放大器 AW8730，AW8731 在 Li+电池供电时，能持续为 8Ω 喇叭提供 2.0W 的功率。第二代 K 类功放 AW8732 不但提供更高的输出功率 2.3W，还集成了消噪功能，能够有效的抑制射频干扰和 TDD 噪声。AW8733 是第三代的 K 类功放，其内部集成自适应电荷泵升压电路内部的升压电路采用自适应的形式，在输入电压幅度比较小时电路工作在 D 类功放状态，效率最高可达 90%，在输入幅度较大时工作在 2 倍模式，PVDD 升压到 6.3V，输出功率可达到 2.3W。

AW8733 内部集成了提升电源抑制比的技术，就算外围元器件存在失配，217HZ 频率下的 PSRR 也可以达到-75DB 左右，可以有效的降低电源传导所致的 TDD 噪声。

由于 K 类功放的放大倍数较高，基带内部的噪声经过功放容易形成较明显的底噪，AW8733 内部集成了消噪功能，使得输出噪声达到非常低的水平。大多数蜂窝电话采用时分多址(TDMA)标准，这种复用技术以 217HZ 的频率对高频载波进行通/断脉冲调制。容易受到 RF 干扰的 IC 会对该载波信号进行解调，再生出 217HZ 及其谐波成分的信号。由于这些频谱成分的绝大多数都落入音频范围，因此它们会产生令人生厌的“嗡嗡”声。AW8733 的消噪功能可以有效的提升功放对射频信号的抑制能力。

AW8733 采用一线脉冲方式控制四个状态，实现不同增益和 NCN 模式的选择。状态 1 的增益为 12dB，没有防破音功能；状态 2 的增益为 16dB，开启防破音功能；状态 3 的增益为 24dB，没有防破音功能；状态 4 的增益为 27.5dB，开启防破音功能。

完善的故障保护功能有效防止芯片在异常工作状况下损坏；只需少量的外围应用元件，适合便携产品应用。

超高效率的自适应电荷泵

K 类功放的工作原理是靠电压调整型电荷泵提升电源电压。电压调整型电荷泵的转换效率会受到输出电压的限制，当输出电压为 Vout，输入电源电压为 Vin 时，电荷泵的转换效率约等于 Vout/2Vin。当电源电压一定的时候，Vout 越高，那么电荷泵的转换效率越高。当 Vout=2Vin，理论上 charge pump 的转换速率可达到 100%(实际上由于存在开关损耗，最高效率约 90%)。由于最小线宽为 0.5um 的 CMOS 工艺的耐压只能达到 5V，所以艾为的第一代 K 类功放采用高压 CMOS 工艺升压到 5.5V。

第二代及以后的 K 类功放采用了更高压的 dual-gate CMOS 工艺，耐压更高，其 PVDD 升压达到 6V 以上，就提高了 2 倍模式下 charge pump 的工作效率。

D 类功放的功率损耗来自于开关阻抗和动态电流损耗，基本上维持在 90%以上。由于音频信号播放时，信号大小和幅度是不断变化的。在音频信号输入较小时，输出电压幅度很低，输出在正常 Li+电池电压下工作不会产生失真，此时不需要升压电路，AW8733 在这种情况下工作在一倍模式，电荷泵的转换效率与 D 类一致，高达 90%左右，因此大大降低了电源损耗。音频信号输入较大时，AW8733 工作在二倍模式。

一倍二倍模式转换输出功率设置在 0.8W@8ohm。

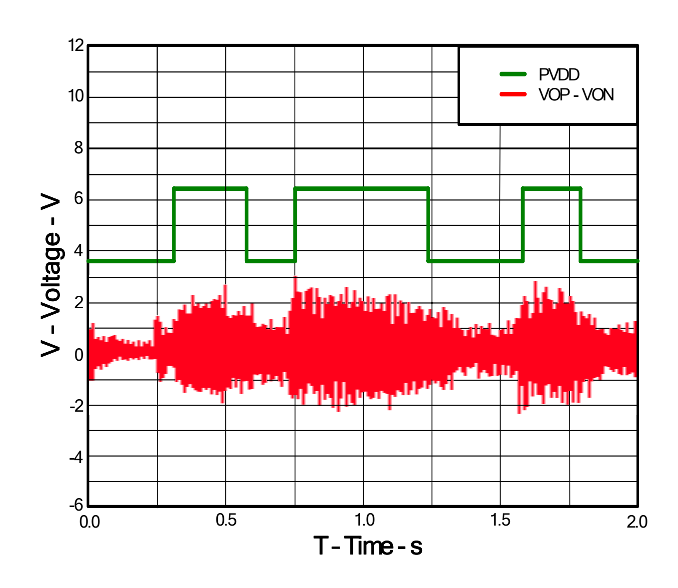


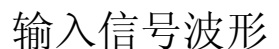
图 4 AW8733 chargepump 输出随输入变化波形

二倍模式下，电荷泵的工作频率在 600kHz 左右。模式转换以及启动时，电荷泵都有软启动功能，还有限流和碰地保护功能，避免发生故障时损害芯片。

消噪功能

由于载流子的无序运动，手机基带内部的音源信号以及功放本身都会产生噪声。AW8733 的本地噪声非常低，不同电源电压下 AW8733 的输出噪声电压低至 35uV，尤其适合高品质音乐手机的需求。

由于 K 类功放的增益比较大，所以基带的内部小功率的功放的输出噪声容易被放大。播放语音或者音乐信号的间隙，输出噪声很容易被听到。如何使基带传输的音频信号被正常放大，而噪声被抑制呢？AW8733 集成了消噪功能，功放内部自动识别噪声和音频信号，识别出音频信号时，功放处于正常放大状态，识别为噪声时，功放会逐渐降低增益，使基带的噪声得到抑制。如下图所示：



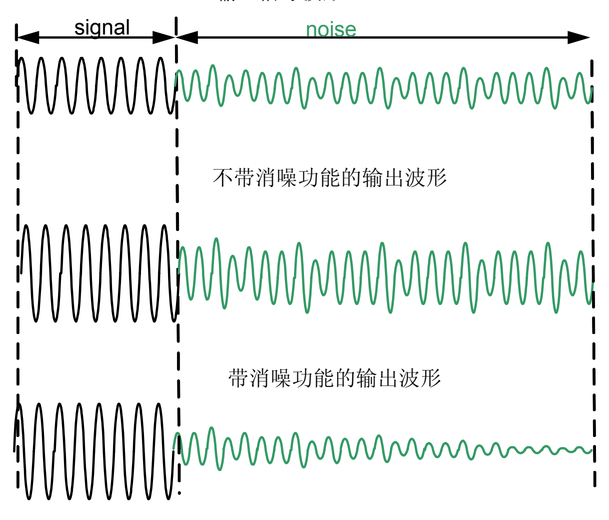


图 5　AW8733 消噪功能滤除噪声的输出波形

手机与基站之间通信，会导致手机和功放电源上产生 217Hz 的纹波。如果功放的电源抑制比不够高，电源上的纹波就会在功放的输出端转化为差模输出的信号，这就是传导所导致的 TDD-Noise 问题。K 类功放一般采用全差分的结构，电源抑制比受到外围电阻电容匹配的影响。电阻电容失配越大，

软启动时间大概 800us 左右，防止芯片从电源吸入或者灌入过大的电流导致电源电压的波动。电荷泵

功放的 PSRR 就会越差。AW8733 内部集成了加强电源抑制比的技术，即使功放输入端的电阻电容存在失配时，也能够在 217Hz 处提供-70dB 的电源抑制比，提高了功放抗电源波动干扰的性能。

在系统应用中，功放的工作环境十分复杂。Pcb 板上的高频信号容易干扰到功放的输入和电源，地的走线。因此 pcb 布板必须严格避免功放的输入信号线和天线走线平行。高频信号被功放拾取后，可能会被解调传递到输出端变平成 217Hz 的噪声，导致辐射干扰引起的 TDD-Noise 问题，AW8733 具有业内领先的抗射频干扰的性能。

POP-Click 抑制

AW8733 内置专有时序控制电路，实现全面的 POP-Click 抑制，有效地消除了系统在上电、下电、唤醒和关断操作时可能出现的瞬态杂音。

EEE 技术

AW8733 采用创新的 EEE 技术，有效控制输出信号的边沿翻转速度，在全带宽范围内极大地降低 EMI 干扰，完全满足 FCC 的标准要求。

防破音（NCN）功能

音频应用中，输入信号过大或电池电压下降等因素都会导致音频放大器的输出信号发生不希望的破音失真，并且过载的信号会对扬声器造成永久性损伤。AW8733 独特的防破音（NCN）功能可以通过检测放大器输出的破音失真，自动调整系统增益，使得输出音频信号保持圆润光滑，不仅有效地避免了大功率过载输出对喇叭的损坏，同时带来舒适的听音感受。

启动时间（Attack Time）是指从发生破音失真到系统增益调节完成的时间。

释放时间（Release Time）是指从破音失真消失到系统完全退出增益衰减状态的时间。

NCN 启动时间和释放时间如表 1 所示。

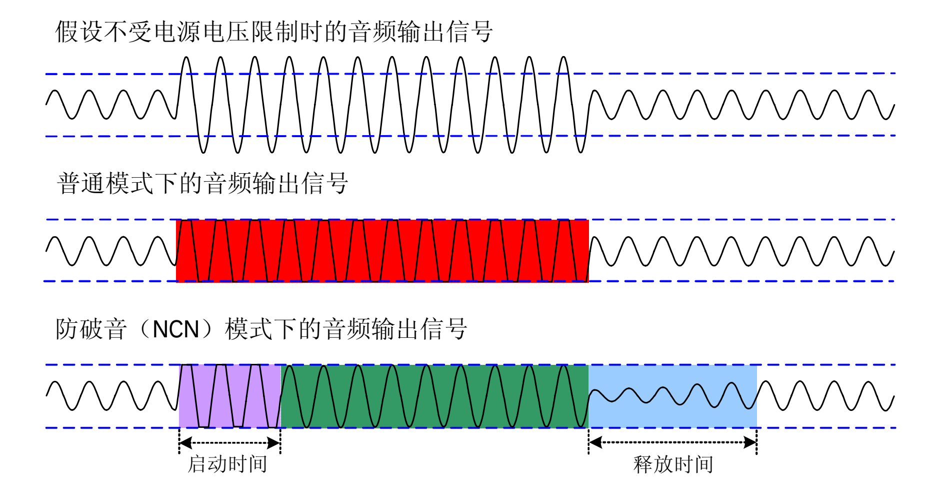
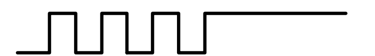


图 6　NCN 功能示意图

工作模式选择

AW8733 通过一线脉冲方式选择工作模式，一线脉冲信号的上升沿个数决定芯片的工作模式，图 5 所示。当$\overline{\text{SHDN}}$引脚的信号直接拉高时，即一个上升沿，芯片启动开始工作，gain=4V/V；当$\overline{\text{SHDN}}$引脚加高→低→高的脉冲信号时，即两个上升沿，芯片进入防破音模式工作并且增益上升到 6V/V；当$\overline{\text{SHDN}}$接收到三个上升沿，gain=16V/V，无防破音；$\overline{\text{SHDN}}$接收到四个上升沿，gain=24V/V，开启防破音功能。AW8733 的一线脉冲采用循环式，也就是说，如果$\overline{\text{SHDN}}$接收到五个上升沿，会进入第一个工作状态，接收到六个上升沿，会进入第二个工作状态，依此类推。

建议 AW8733 工作在第四个状态，进入第四个状态的控制信号如下图：



当 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚的控制信号拉低并至少持续 500us，芯片进入关断模式，关断模式下的功耗极低，低至 0.1uA以下。

一线脉冲信号的时序图如图 6 所示：其中T_{HI}指脉冲的高电平宽度，推荐值：2us；T_{LO}指脉冲的低电平宽度，推荐值：2us；T_{OFF}指芯片进入关断模式所需的低电平时间。

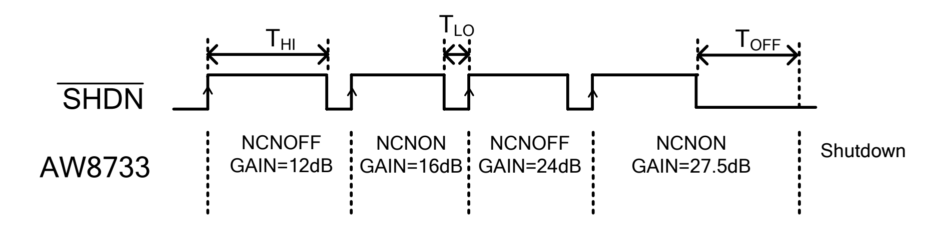


图 7　一线控制对应的工作模式

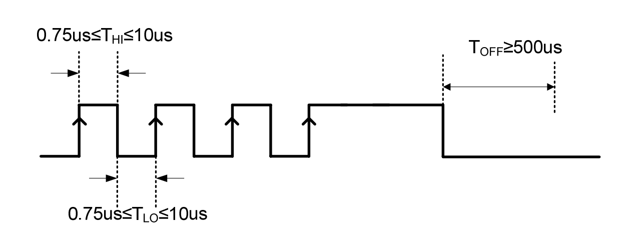


图 8　一线脉冲信号的时序图

针对$\overline{SHDN}$引脚的特殊性，AW8733 内置了Deglitch 电路，可以消除$\overline{SHDN}$引脚上宽度小于 150ns的高低电平毛刺，有效避免由于毛刺导致芯片工作模式错误。

增益设置

为了简化设计AW8733集成了反馈电阻和部分输入电阻，以外围输入电阻 10K 为例，则

模式 1：Av=160K / (30K+Rin)=4V/V

模式 2：Av=240K / (30K+Rin)=6V/V

模式 3：Av=240K / (5K+Rin)=16V/V

模式 4：Av=360K / (5K+Rin)=24V/V

保护电路

当芯片输出引脚 VON 或 VOP 与电源或地短路，或者输出之间短路时，短路保护电路会关断芯片以防止芯片被损坏。短路故障消除后，AW8733 自动恢复工作，无需重新启动。

AW8733 具有过温保护功能，当芯片温度大于 150℃时，芯片会被关断。当芯片温度降至 130℃后，再恢复工作，有 20℃的迟滞温度。

电源去耦电容

为了获得最优的性能，良好的电源去耦都是必不可少的。建议用 10uF，低 ESR 的 X7R 或 X5R 陶瓷电容，且去耦电容尽量靠近芯片电源引脚放置。

电荷泵的输出电容

输出电容 COUT 的容值和 ESR 直接影响电荷泵输出电压的纹波，从而影响功放的性能。选用容值 10uF，ESR 较小的 X7R 或 X5R 陶瓷电容可以大大减低电压纹波。由于电容的封装尺寸和直流偏置电压会影响电容容值。封装尺寸越大，额度耐压越高，电容损失的容值越小。所以建议选用尺寸是 0805，额度耐压在 10V 左右的电容。

输入滤波器

音频信号通过隔直电容输入到 AW8733 的 INP 与 INN。输入电容与输入电阻构成一个高通滤波器，在前两种工作模式，截止频率为

$f=1/(2\pi*C_{in}*(R_{in}+30k))$，在后两种工作模式，截止频率为$f=1/(2\pi*C_{in}*(R_{in}+5K))$。

应用中选用较小的 Cin 电容有助于滤除从输入端耦合进入的 217Hz 噪声。两个输入电容之间良好的匹配对提升芯片整体性能及噼噗-咔嗒声抑制都有帮助。

应用信息

电荷泵的 Flying 电容

Flying 电容的大小直接影响电荷泵的负载调整率和输出驱动能力，Flying 电容越大，负载调整能力越强，驱动能力也越强。建议使用容值为 4.7uF，ESR 较小的 X7R 或 X5R 陶瓷电容。

磁珠与电容

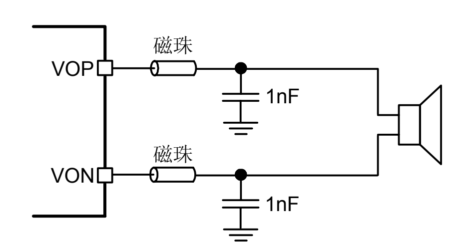


图 9　磁珠与电容

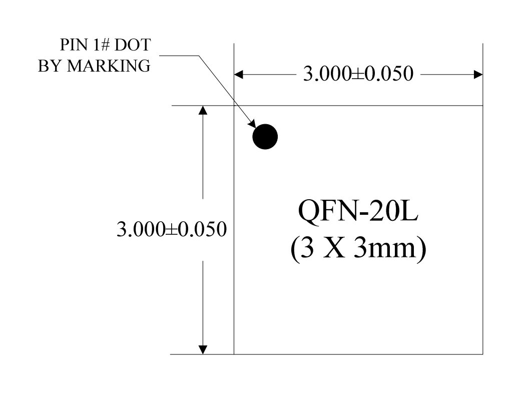
AW8733 在没有磁珠、电容的情况下，仍可满足 FCC 标准要求。在输出音频线过长或器件布局靠近 EMI 敏感设备时，建议使用磁珠、电容。磁珠及电容要尽量靠近芯片放置。

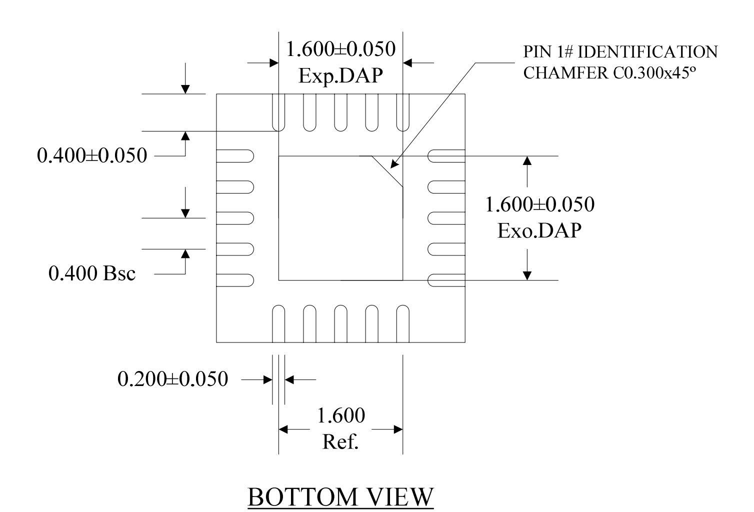
PCB 设计考虑

为了充分发挥 AW8733 的性能，PCB 的布局布线必须要仔细考虑，设计过程中应遵循以下原则：

1. 尽量单独走一条短而粗电源线给 AW8733，铜线宽度大概 0.75mm。去耦电容尽量靠近电源引脚放置。
2. Fying 电容尽量靠近 AW8733 的 CN 和 CP 引脚放置，输出电容靠近 PVDD 引脚放置，且电容到芯片引脚的连线尽量短而粗。
3. AW8733 的输入电容和输入电阻要尽量靠近芯片的 INN 和 INP 引脚放置，且输入线要平行走线抑制噪声耦合。
4. 磁珠和电容靠近芯片的VON和VOP引脚放置，芯片到喇叭的输出线要尽量短而粗，推荐的铜线宽度为 0.5mm。
5. 为了获得良好的散热性能，AW8733 的散热片和 GND 引脚要直接连到大面积的铺地层，散热片还要通过通孔连到中间地层。

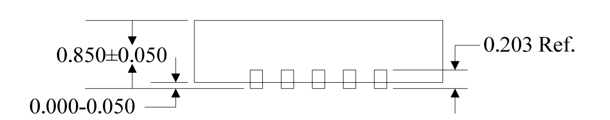
封装描述





TOP VIEW

BOTTOM VIEW



SIDE VIEW

声明：上海艾为电子技术有限公司不对本公司产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。上海艾为电子技术有限公司保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。